

ся дополнительно  $0,5 \text{ м}^3$  на обеспечение технологического процесса теплотой. В реальных трубчатых печах на обогрев расходуется до 50 % от общего количества природного газа.

Исследования [2] показали, что выбор радиальной схемы течения парометановой смеси сквозь слой катализатора, заполняющего все межтрубное пространство реактора, имеет существенные преимущества по сравнению с традиционной осевой схемой течения. Нагрев смеси ( $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ) осуществляется системой вертикально расположенных трубных пучков с гелиевым теплоносителем. Интенсивность теплопередачи от потока гелия к реакционной смеси можно заметно повысить, используя различные способы закрутки потока внутри труб и рациональным выбором режима радиального течения смеси.

Синтетическое моторное топливо, получаемое при переработке природного газа в ДМЭ и из него бензин, имеет хорошие экологические показатели. Использование теплоты ВТГР при производстве синтез-газа в качестве исходного сырья для синтеза ДМЭ позволяет экономить органические ресурсы и снижать энергоемкость производства. Схемы с радиальным течением газа в метановом конвертере и реакторах синтеза метанола и ДМЭ позволяет проектировать установки с минимальными габаритами и меньшими гидравлическими потерями по сравнению с используемыми в настоящее время.

#### *Библиографический список*

1. Розовский А.Я. Экологически чистые моторные топлива на базе природного газа / А.Я. Розовский // Химия в интересах устойчивого развития. 2005. № 6. С. 701-712.
2. Климова В.А. Энерготехнологическая система дальнего атомного теплоснабжения с установками радиального течения газовых потоков / В.А. Климова, В.М. Пахалуев // Альтернативная энергетика и экология. 2012. № 3. С. 26-30.

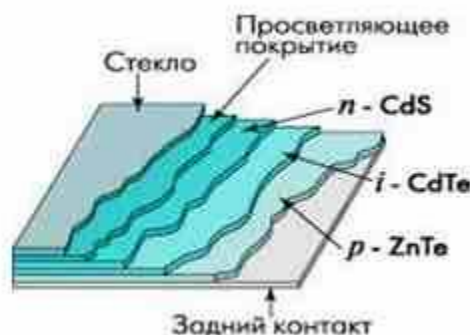
## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ**

*Лаврешин А.П., Немихин Ю.Е  
УрФУ, nemikhin@rambler.ru*

В связи с тем, что основной материал солнечной энергетики – кремний, это непрямозонный полупроводник, и его коэффициент поглощения невысок, для эффективного поглощения солнечного света толщина изготавливаемых солнечных элементов должна составлять микрон. Это определяет наряду с затратным процессом получения кремния и его значительный расход, а, значит, и высокую стоимость солнечных модулей. Значительно снизить расход используемого материала и его стоимость позволяет применение тонкопленочной технологии на основе материалов с высоким коэффициентом поглощения таких, как:  $\text{CdTe}$ ,  $\text{Cu(In,Ga)Se}$ , которые применяются в виде поликристаллических пленок. К числу этих материалов относится и аморфный гомогенизированный кремний. Рассмотрим их достоинства и недостатки:

**Тонкопленочная технология CdTe** (рис. 1). В Европе в этой области очень активна одна компания "First Solar". Специалистам General Electric Research (GE) удалось повысить коэффициент преобразования энергии (КПЭ) тонкопленочных солнечных элементов на основе теллурида кадмия (CdTe) до 18,3 %. Это серьезный успех, если учесть, что прежний рекорд, установленный американским производителем солнечных модулей First Solar в 2012 г., побит на целый процентный пункт.

Рис. 1. Состав CdTe элемента



#### *Преимущества*

- Высокий стабильный КПЭ (производственная эффективность солнечного модуля порядка 10 %).
- Небольшие производственные издержки, результатом чего является очень низкая стоимость солнечных модулей.

#### *Недостатки:*

- Большая трудность контроля и воспроизведения процессов (низкий выход).
- Одновременно приходится контролировать два компонента Cd и Te, а также их надлежащий состав.

**Теллур (Te):** это редкоземельный металл, примерно в десять раз более редкий, чем In. Существует проблема гарантий поставок. Мировые запасы теллура оцениваются в 40-50 тыс. т. Главными источниками теллура служат шламы, образующиеся при электролитической очистке анодов меди. Данные по общему объему производимого в мире теллура неполны – приблизительно производство можно оценить в 360-400 т/год.

**Кадмий (Cd):** тяжелый металл. Необходимо учитывать аспекты загрязнения окружающей среды. СЭ в конце срока их службы необходимо специально утилизировать на свалках тяжелых металлов, это дорогостоящая конечная процедура возврата и переработки СЭ, при которой затраты должен будет принимать на себя изготовитель данных модулей. Ситуация выхода из строя СЭ в процессе эксплуатации: при разбитии стекла Cd может абсорбироваться и загрязнить почву. Таким образом, требуются дополнительные дорогостоящие затраты на монтаж модулей. Полосовая конструкция модуля на единой подложке затрудняет обеспечение зазоров.

**Индий и галлий: редкоземельные металлы.** Для производства тонкопленочных солнечных элементов CIS, способных генерировать 1 ГВт электроэнергии, требуется примерно 50 т индия. Гарантированные ресурсы поставки индия 2400 т. Проблема гарантии поставок. Цена одного кг индия в 2003 г. составляла 100 долл. США, в 2005 г. она возросла до 1000. Проблема стабильности цен на сырьевые материалы.

**Тонкопленочная технология диселенида меди и индия CuInSe<sub>2</sub> (CIS) и Cu(In<sub>1-x</sub>Ga<sub>x</sub>)Se<sub>2</sub> (CIGS).** В этой области работают примерно 20 компаний (в ос-

новном немецкие и из США). Например, Wurth Solar и Avancis. Ученые из Емра, швейцарской Федеральной лаборатории технологий и материаловедения, утверждают, что создали солнечные элементы на основе соединения диселенида галлия, индия и меди (CIGS) на тонком полимерном основании, обеспечивающие 20,4 %-ную эффективность преобразования солнечного света в электроэнергию.

CIS: Японская компания Solar Frontier создала тонкопленочные фотоэлементы с 19,7 %-ной эффективностью преобразования солнечного света в электроэнергию, использующие полупроводниковый материал на основе меди, индия и селена (CIS), прежнее достижение для фотоэлементов этого типа составляло 18,6 %.



|                            | На основе кристаллического кремния (c-Si mono, c-Si multi)   | Тонкопленочные технологии (a-Si, $\mu$ -Si, CIGS, CdTe)   |
|----------------------------|--|---|
|                            |                   |    |
| Себестоимость производства | Себестоимость производства зависит от цен на сырье - поликремний                                   | При производстве используется в 200 раз меньше кремния, что обеспечивает значительное снижение себестоимости производства           |
| Восприятие света           | Восприятие только прямого света, необходимость установки дополнительных систем слежения за солнцем | Лучшее восприятие рассеянного света, меньший температурный коэффициент (меньшее снижение эффективности при повышении температуры)   |
| Развитие технологии        | Технология с ограниченным потенциалом развития   | Новая технология с перспективой развития (повышение КПД, уменьшение себестоимости, применение в строительстве и архитектуре)        |
| Применимость               | Крышные установки, солнечные парки (7-8 м <sup>2</sup> /кВт)                                       | Крышные установки, фасады и остекление, солнечные парки (11-15 м <sup>2</sup> /кВт)   |
| Сегмент потребителей       | Генерирующие компании, крупные и бытовые потребители   | Генерирующие компании, девелоперы, крупные и бытовые потребители  |
| КПД                        | Монокристаллические – 16-18%,<br>поликристаллические – 13-15%                                      | a-Si – 6,7% (макс 13%),<br>$\mu$ -Si (микроморфная) – 9,3% (макс 15,4%),<br>CIGS – 11,3% (макс 19,5%),<br>CdTe – 11,1% (макс 16,5%) |

Рис. 2. Сравнительные данные фотоэлементов на основе кристаллического кремния и тонкопленочных

#### *Преимущества:*

– Высокий стабильный КПЭ (производственная эффективность модулей порядка 11-13 %).

– Технология получения слоев  $\text{CuInSe}_2$  достаточно проста и заключается в последовательном осаждении термическим испарением тонких слоев Ga, Se и Cu на поверхность подложки последующего быстрого термического отжига.

#### *Недостатки:*

– Чрезвычайная трудность контроля и воспроизведения процессов (низкий выход годных элементов).

– Необходимость тщательного проектирования полос и зазоров в модуле, который трудно воспроизвести.

*Выводы.* У тонкопленочных фотоэлементов есть неплохие шансы сравняться с кремниевыми по стоимости производства (в расчете на единицу мощности), но их более низкий КПЭ (КПД) должен компенсироваться либо эксплуатационными характеристиками (например, более низкой скоростью деградации), либо сокращением, так называемого, баланса системы расходов. Таким образом, по оценкам экспертов, тонкопленочные технологии CdTe+CIGS смогут внести максимально  $\sim 45$  ГВт/год новых генерирующих мощностей к 2025 г.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ВЕТРОВОГО ПОТОКА НА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ УЧАСТКЕ В Г. ОРСКЕ

*Лукьянова К.С., Фазлиахметова М.Ф., Гюнтер Д.А.  
Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ОГУ*

С каждым годом на бытовые нужды расходуется всё большая доля электроэнергии, в огромных масштабах растёт применение бытовой электрифицированной техники. Одним из способов уменьшения затрат электрической энергии является использование альтернативных источников энергии. Так, в 2008 году Правительство России задалось целью довести мощность возобновляемых источников энергии до 4,5 % от общего производства энергии в стране, или 22 ГВт к 2020 году [1]. Наибольших успехов среди возобновляемых источников энергии достигла ветроэнергетика, которая на сегодня является самой быстроразвивающейся отраслью. Город Орск рассматривается, как территория с высоким ветровым потенциалом, благодаря своему расположению в лесостепном поясе страны.

Как известно, данные о скорости ветра, получаемые на метеостанциях, могут характеризовать ветровой режим в некоторой области установки станции, так как характер подстилающей поверхности сильно влияет на скорость и направление ветра. Под влиянием различных факторов природного или техногенного происхождения скорость ветра может, как ослабевать, так и усиливаться. Поэтому наблюдение за ветром на площадке предполагаемого расположения ВЭУ даст исчерпывающую информацию о характере ветрового потока с учетом местных условий.

Нами была поставлена задача определения средней удельной мощности ветрового потока вблизи земной поверхности для использования в «малой» ветроэнергетике.

По определению удельная мощность ветрового потока равна

$$\langle N \rangle = \frac{1}{2} \rho \langle v^3 \rangle. \quad (1)$$

Из выражения (1) следует, что для оценки удельной мощности необходимо знание повторяемости различных скоростей ветра на участке, так как